



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07305115 A**(43) Date of publication of application: **21.11.95**

(51) Int. Cl.

**C21D 8/12**  
**C21D 9/46**(21) Application number: **06094510**(22) Date of filing: **06.05.94**(71) Applicant: **NIPPON STEEL CORP**(72) Inventor:  
**KUROKI KATSURO**  
**KUMANO TOMOJI**  
**HONMA HODAKA**  
**SUGIYAMA KIMIHIKO****(54) PRODUCTION OF GRAIN-ORIENTED SILICON  
STEEL SHEET EXCELLENT IN CORE LOSS AND  
MAGNETOSTRICTIVE PROPERTY**

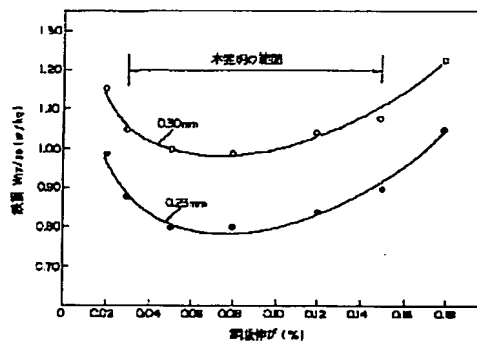
is made possible.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(57) Abstract:

**PURPOSE:** To provide a method for producing a grain-oriented silicon steel sheet excellent in core loss and magnetostrictive properties.

**CONSTITUTION:** In the production of a series of grain-oriented silicon steel sheets in which a silicon steel slab contg. 20.100% C and 2.7 to 4.0% Si is subjected to hot rolling, is subjected to hot rolled sheet annealing according to necessary, is subjected to cold rolling, is subjected to nitriding treatment according to necessary, is subjected to final finish annealing, is moreover coated with a coating soln. and is baked, the grain-oriented silicon steel sheet in which in the coating and baking stage, elongation in the process of the baking is regulated to 0.03 to 0.15% and the temp. gradient in the width direction to 400°C in the cooling stage is regulated to 21.5°C/cm and excellent in core loss and magnetostrictive properties is produced. Thus, the production of the grain-oriented silicon steel sheet excellent in core loss and magnetostriction



特開平7-305115

(43) 公開日 平成7年(1995)11月21日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>C 2 1 D 8/12  
9/46

識別記号

5 0 1 B

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平6-94510

(22) 出願日 平成6年(1994)5月6日

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 黒木 克郎

北九州市戸畑区飛幡町1番1号 新日本製  
鐵株式会社八幡製鐵所内

(72) 発明者 熊野 知二

北九州市戸畑区飛幡町1番1号 新日本製  
鐵株式会社八幡製鐵所内

(72) 発明者 本間 穂高

北九州市戸畑区飛幡町1番1号 新日本製  
鐵株式会社八幡製鐵所内

(74) 代理人 弁理士 茶野木 立夫 (外1名)

最終頁に続く

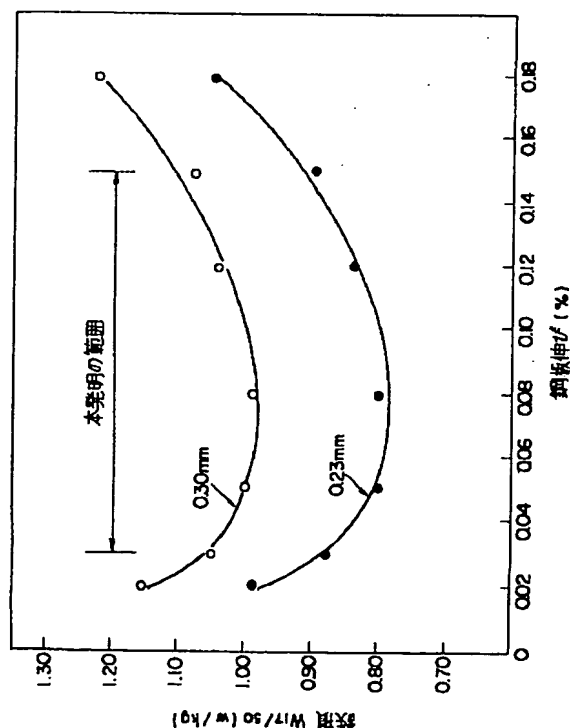
(54) 【発明の名称】 鉄損及び磁歪特性の優れた一方向性電磁鋼板の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 鉄損及び磁歪特性の優れた一方向性電磁鋼板の製造方法を提案する。

【構成】 C: 0.100%以下、Si: 2.7~4.0%を含有する電磁鋼スラブを熱間圧延し、必要に応じて熱延板焼鈍をし、冷延をし必要に応じて窒化処理をした後最終仕上焼鈍を施し、更にコーティング液を塗布し焼き付ける一連の一方向性電磁鋼板の製造において、コーティング焼き付け工程において、焼き付け中の鋼板の伸びを0.03%以上、0.15%以下とし、冷却過程の400℃までの鋼板幅方向の温度勾配を1.5℃/cm以内とする鉄損及び磁歪特性の優れた一方向性電磁鋼板を製造する。

【効果】 鉄損、磁歪の優れた一方向性電磁鋼板の製造が可能となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量比でC：0.100%以下、Si：2.7～4.0%を含有する一方向性電磁鋼板用スラブを熱間圧延し、必要に応じて熱延板焼鈍をし、通常の1回圧延或いは2回圧延工程で処理した後、脱炭焼鈍をし必要に応じて窒化処理をした後最終仕上焼鈍を施し、更にコーティング液を塗布し焼き付ける一連の一方向性電磁鋼板の製造において、コーティング焼き付け工程において、焼き付け中の鋼板の伸びを0.03%以上、0.15%以下とし、冷却過程の400℃までの鋼板幅方向の温度勾配を1.5℃/cm以内とすることを特徴とする鉄損及び磁歪特性の優れた一方向性電磁鋼板の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は方向性電磁鋼板の形状矯正焼鈍方法にかかわり、鉄損及び磁歪特性の優れた一方向性電磁鋼板の製造を行うものである。

## 【0002】

【従来の技術】一方向性電磁鋼板は、変圧器の鉄芯等に使用され、磁気特性が優れていること、中でも鉄損が低いことが重要である。加えて最近では環境の面から変圧器等の騒音低減が重要視されるようになり、磁歪の低い材料が要求されるようになってきている。これらの要求に応えるには最終製品の内部歪みをできるだけ少なくする必要がある。一方向性電磁鋼板は珪素鋼スラブを熱間圧延し、焼鈍して1回または中間焼鈍を挟んで2回以上の冷間圧延により最終板厚にして、脱炭焼鈍、必要に応じて窒化焼鈍をし、焼鈍分離剤を塗布し、工業的にはコイル状で仕上焼鈍を行う。

【0003】次いで形状矯正と張力コーティングを施す連続短時間焼鈍を行っている。この形状矯正焼鈍は鋼板に内部歪みを残すことなくコイルセットを除去し鋼板の平坦化を図ることが重要である。これを達成するため例えば特開昭60-262981号公報に示されるような鋼板の伸びを0.5%以下に抑制する方法、或いは特開昭61-159529号公報に示されるような鋼板温度が700～850℃における張力を0.35～1.0kg/mm<sup>2</sup>として形状矯正し、それ以後の鋼板の張力を0.35kg/mm<sup>2</sup>以下として歪み取りを行うといった方法等を提案している。

【0004】方向性電磁鋼板は周知の如く二次再結晶によって(110)〔001〕方位の結晶粒を発達させているが、この結晶粒のサイズは通常数mmといったいわば単結晶の集まりである。また鋼板の板厚は0.5mm以下、一般には0.35mm以下と非常に薄いものである。従って、鋼板張力の僅かな変動により磁気特性は、大きく影響を受ける。このため形状矯正時の鋼板に付与する張力は、上記のごとく一定の範囲内に管理することが重要である。近年鉄損特性とともに、磁歪特性が重要視さ

れているが、これらを両方満足させるような形状矯正焼鈍条件は開示されていない。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明はコイル状で仕上焼鈍を行った材料の形状矯正と内部歪みの除去を十分に行うことを目的とし、鋼板の適正な伸び及び冷却適正条件を求め低鉄損、低磁歪方向性電磁鋼板を得ることを狙いとするものである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の要旨とするところは重量比でC：0.100%以下、Si：2.7～4.0%を含有する一方向性電磁鋼板用スラブを熱間圧延し、必要に応じて熱延板焼鈍をし、通常の1回圧延或いは2回圧延工程で処理した後、脱炭焼鈍をし、必要に応じて窒化処理をした後最終仕上焼鈍を施し、更にコーティング液を塗布し焼き付ける一連の一方向性電磁鋼板の製造において、コーティング焼き付け工程において、焼き付け中の鋼板の伸びを0.03%以上、0.15%以下とし、冷却過程の400℃までの鋼板幅方向の温度勾配を1.5℃/cm以内とすることを特徴とするものである。

【0007】以下実験結果を基に説明する。最初の実験として工場で仕上焼鈍を行ったSi：3.25%を含む板厚0.23mmと0.30mmの高磁束密度一方向性電磁鋼板（フォルステライト皮膜付き）をフープに切り出し、形状矯正焼鈍炉で840℃×30秒の連続焼鈍下で付与張力を変えて鋼板の伸びと鉄損の関係を調べた。なお、張力コーティング液として磷酸アルミニウム、無水クロム酸を主成分とするものを使用した。結果を図1に示す。板厚に関係なく同じ傾向を示している。伸びが0.03%未満では形状矯正が十分でないため、鉄損が得られない。一方0.15%超では結晶粒界スベリが起り鉄損を劣化させる。適正な伸びの範囲は0.03～0.15%の範囲である。

【0008】次の実験として脱炭焼鈍後の鋼板にMgOに塩化物を添加した焼鈍分離剤を塗布し、仕上焼鈍を行ったフォルステライト皮膜の無いSi：2.9%、板厚0.35mmの一方向性電磁鋼板をフープに切り出し、上記の方法で形状矯正焼鈍を行った。なお張力コーティングの付着量はフォルステライト皮膜付きに比べ1.5倍とした。結果を図2に示す。これは図1と同じ傾向を示している。これらの結果からSi含有量、板厚、フォルステライト皮膜の有無に関係なく、鋼板の伸び率を一定の範囲で管理することにより低鉄損を得ることができることを知見した。鋼板への単位面積当たりの付与張力は上記適正伸び率範囲になるようSi含有量、フォルステライト皮膜の有無等素材の性質に合わせて決定すれば良い。

【0009】更に次の実験として工場で仕上焼鈍を行ったSi：3.25%を含む板厚0.23mmの高磁束密度

一方向性電磁鋼板（フォルステライト皮膜付き）を、形状矯正焼鈍炉で850℃×30秒の連続焼鈍を鋼板の付与張力を調整し鋼板の伸び率を0.05%にして行った。なお、張力コーティング液として燐酸アルミニウム、無水クロム酸を主成分とするものを使用した。この焼鈍の冷却過程において、鋼板幅方向中央部の温度600℃と400℃においてN<sub>2</sub>ガスにより温度を調整し幅方向に温度勾配を作った。温度勾配と磁歪特性の関係を図3に示す。差動トランス法により磁束密度1.9Tにおける測定結果である。なお鋼板幅方向の温度勾配は、冷却帯を通過する鋼板に接触式板温計を幅方向に走査させて測定した。これから判るように鋼板幅方向の温度勾配が小さくなる程磁歪特性が良くなっている。

【0010】次に本発明の限定理由について述べる。Cは0.1%を超えると脱炭が極めて困難となるので0.1%以下とする。Siは鉄損低減に必要な元素であるが2.7%未満では低鉄損が望めず、一方4.0%超では製造上問題があるため2.7~4.0%とした。コーティング焼き付け工程（形状矯正焼鈍）の鋼板の伸びは0.03%未満では形状矯正が充分でなく鉄損低減が小さく、一方0.15%を超すと結晶粒界スベリを起こし鉄損が劣化する。よって0.03~0.15%の範囲とした。

【0011】次に均熱温度から冷却過程400℃までに\*

伸 び 率	(%)	0.01	0.05	0.10	0.18
鉄 損 (W <sub>17/50</sub> )	(w/kg)	1.20	<u>0.96</u>	<u>0.99</u>	1.15

#### 【0014】実施例2

C:0.080%、Si:3.25%を含む電磁鋼を公知の方法で熱延し、熱延板焼鈍をし、冷延して0.17mm板厚とし、次いで脱炭焼鈍をし、鋼板表面にMgOを主成分とする焼鈍分離剤を塗布し、1200℃でコイル状で焼鈍した。この後焼鈍分離剤を除去し燐酸アルミニウム、無水クロム酸を主成分とするコーティング液を塗布し860℃×30秒の連続焼鈍を行った。この焼鈍に※

温 度 勾 配	(℃/cm)	0.2	1.3	2.2
鉄 損 (W <sub>17/50</sub> )	(w/kg)	<u>0.76</u>	<u>0.80</u>	0.95
磁 歪 (×10 <sup>-6</sup> )	磁束密度:1.9T	<u>0.8</u>	<u>1.0</u>	3.2

#### 【0016】

【発明の効果】本発明により低鉄損でかつ磁歪特性の良好な方向性電磁鋼板を得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】フォルステライト皮膜付きの方向性電磁鋼板の

\*における鋼板幅方向の温度勾配は1.5℃/cm以内であれば磁歪の低い材料が得られるが、これを超すと大きく劣化する。このような理由から1.5℃/cmとした。このように鋼板の伸びを狭い範囲とすることと、鋼板幅方向の温度勾配制御の相乗効果により、鉄損のみならず、磁歪特性も良好となるのである。

#### 【0012】

#### 【実施例】

#### 実施例1

C:0.053%、Si:3.25%を含む電磁鋼を公知の方法で熱延し、熱延板焼鈍をし、冷延して0.30mm板厚とし、次いで脱炭焼鈍をし窒化焼鈍をし、鋼板表面にMgOを主成分とする焼鈍分離剤を塗布し、1200℃でコイル状で焼鈍した。この後焼鈍分離剤を除去し燐酸アルミニウム、無水クロム酸を主成分とするコーティング液を塗布し850℃×30秒の連続焼鈍を行った。この焼鈍において張力を変化させて鋼板の伸び率を0.01%、0.05%、0.10%、0.18%の4水準を採った。なお冷却過程500℃における鋼板幅方向の温度勾配はほぼ0.8℃/cmであった。磁気特性を表1に示す。本発明の範囲で低鉄損が得られている。

#### 【0013】

#### 【表1】

30※において鋼板の伸び率を0.8%にし、冷却過程600℃における鋼板幅方向の温度勾配を0.1℃/cm, 1.3℃/cm, 2.2℃/cmとした。磁気特性を表2に示す。本発明の範囲において低鉄損、低磁歪の材料が得られた。

#### 【0015】

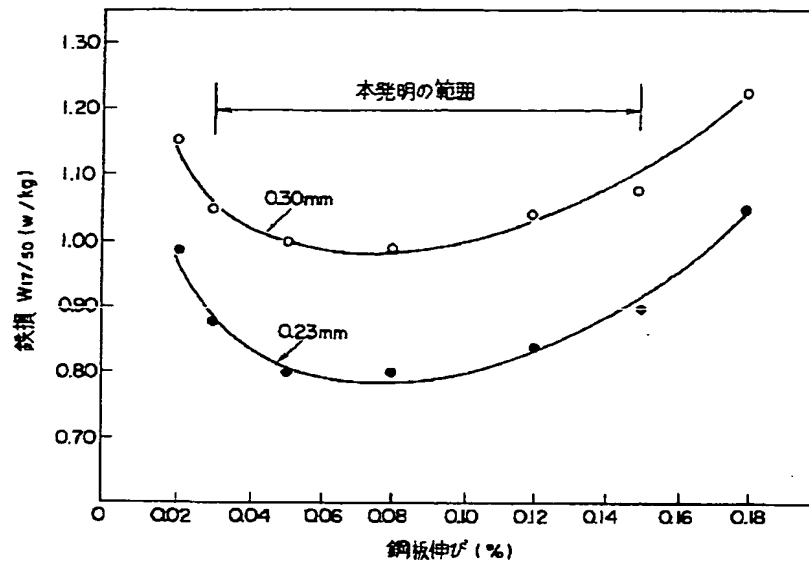
#### 【表2】

鋼板の伸びと鉄損の関係を示す図表である。

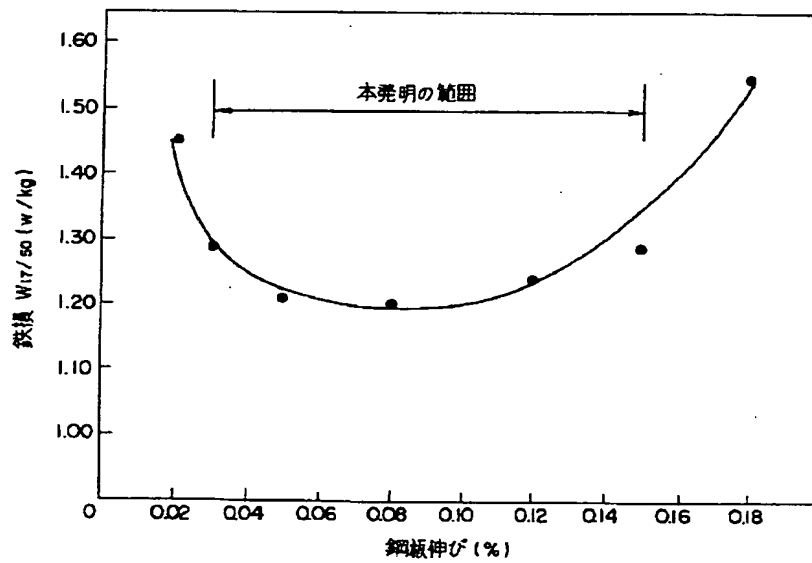
【図2】フォルステライト皮膜の無い方向性電磁鋼板の鋼板の伸びと鉄損の関係を示す図表である。

【図3】冷却時の鋼板幅方向の温度勾配と磁性特性の関係を示す図表である。

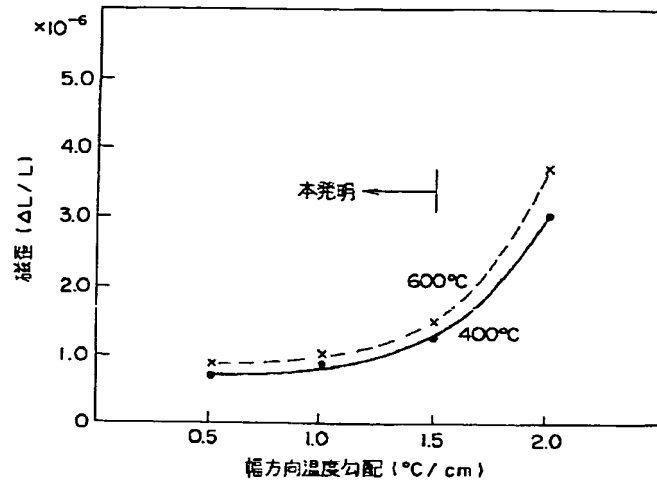
【図1】



【図2】



【図3】



## 【手続補正書】

【提出日】平成6年6月14日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

## 【補正内容】

## 【0014】実施例2

C: 0.080%、Si: 3.25%を含む電磁鋼を公知の方法で熱延し、熱延板焼鈍をし、冷延して0.17mm板厚とし、次いで脱炭焼鈍をし、銅板表面にMgOを

主成分とする焼鈍分離剤を塗布し、1200℃でコイル状で焼鈍した。この後焼鈍分離剤を除去し磷酸アルミニウム、無水クロム酸を主成分とするコーティング液を塗布し860℃×30秒の連続焼鈍を行った。この焼鈍において銅板の伸び率を0.08%にし、冷却過程600℃における銅板幅方向の温度勾配を0.1℃/cm, 1.3℃/cm, 2.2℃/cmとした。磁気特性を表2に示す。本発明の範囲において低鉄損、低磁歪の材料が得られた。

フロントページの続き

(72)発明者 杉山 公彦

北九州市戸畑区飛幡町1番1号 新日本製

鉄株式会社八幡製鉄所内